

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 51 363.5

Anmeldetag: 05. November 2002

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH,
Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung
einer Antriebseinheit mit einem Verbrennungs-
motor

IPC: F 01 N 3/32

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. Juni 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Hofß

31.10.02 St/Oy

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung einer Antriebseinheit mit einem Verbrennungsmotor

Stand der Technik

15

Die Erfindung geht von einem Verfahren und von einer Vorrichtung zur Steuerung einer Antriebseinheit mit einem Verbrennungsmotor nach der Gattung der unabhängigen Ansprüche aus.

20

Um die gesetzlich vorgegebenen Grenzwerte für Schadstoffemissionen in Form von Kohlenwasserstoffen, Kohlenmonoxid und Stickoxiden beim Betrieb von Kraftfahrzeugen zu unterschreiten, ist eine katalytische Abgasnachbehandlung erforderlich. Der Katalysator setzt dabei die Aktivierungsenergie für die chemischen Reaktionen herab, die die Schadstoffe in harmlose Endprodukte wie Wasser, Kohlendioxid und Stickstoff umwandeln. Eine effektive Abgasnachbehandlung erfordert immer noch Katalysatortemperaturen von mindestens einer sogenannten Light-Off-Temperatur von 250 bis 300°C. Ziel der Abgasoptimierung ist es daher, den Katalysator möglichst schnell auf die Light-Off-Temperatur zu bringen und dabei möglichst wenige Schadstoffe zu emittieren, da hierbei noch keine Nachbehandlung möglich ist. Als Heizquelle für den Katalysator dient dabei das Abgas der motorischen Verbrennung, das hierfür über eine gezielte Verschlechterung des Wirkungsgrades des Verbrennungsmotors zusätzlich aufgeheizt wird. Reicht dies für das Erreichen der gewünschten Abgasnorm nicht aus, so sind zusätzliche Heizmaßnahmen unter Verwendung externer Komponenten erforderlich.

25

30

35

Ein bewährtes Verfahren stellt dabei das Einblasen von Frischluft, die im folgenden mit Sekundärluft bezeichnet wird, in den Abgasstrang dar. Diese reagiert mit dem überschüssigen Kraftstoff aus der motorischen Verbrennung ab einer Zündtemperatur von ca.

600°C exotherm. Die Vorteile dieser Nachverbrennung sind einerseits ein deutlicher Anstieg der Abgastemperatur, die für die Erwärmung des Katalysators auf Betriebstemperatur benötigt wird, und andererseits eine Abnahme der Kohlenwasserstoffemission aufgrund des Verbrennungsprozesses.

5

Die Sekundärlufteinblasung ist nur solange aktiv, bis der Katalysator seine Betriebstemperatur erreicht hat. Zu Diagnosezwecken wird sie dann noch einmal kurz während des Fahrzyklus aktiviert.

10

Für das Einblasen der Sekundärluft wird bisher eine elektrische Sekundärluftpumpe verwendet. Damit ist der weitere Einfluss der Sekundärlufteinblasung auf die Motorsteuerung im Wesentlichen auf eine Korrektur der Regelung des Luft-/Kraftstoff-Gemischverhältnisses und eine Erhöhung der Momentenreserve aufgrund der durch Aktivieren der elektrischen Pumpe erforderlichen zusätzlichen Generatorlast beschränkt. Erkauft wird diese Methode der schnellen Katalysator-Aufheizung mit einem Stromverbrauch der Sekundärluftpumpe von bis zu 80A beim Hochlauf und ca. 32A im Dauerbetrieb sowie einem Gewicht von ca. 2.5 kg und einem Volumen von ca. 3 Litern.

15

20

25

Aus der Veröffentlichung „Secondary Air Charger - high integrated secondary air system for intake manifolds“ von K. Hummel und S. Wild, SAE paper 2001-01-0665 ist ein sogenannter Sekundärluftlader bekannt, der das Druckgefälle über der Drosselklappe in der Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor ausnutzt, um eine Turbine anzutreiben. Die Turbine ist über eine Welle mit einem Verdichter zur Verdichtung der Sekundärluft gekoppelt, die dann konventionell in den Abgasstrang eingeblasen wird. Die Vorteile eines solchen Sekundärluftladers sind der Verzicht auf elektrische Antriebsenergie, ein verhältnismäßig geringes Gewicht von derzeit etwa 0,5 kg und einem vergleichsmäßig geringen Volumen von derzeit etwa 1 Liter. Gesteuert wird der Sekundärluftlader über ein Ventil, das den Luftmassenstrom für dessen Antrieb freigibt.

30

Vorteile der Erfindung

35

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Steuerung einer Antriebseinheit mit einem Verbrennungsmotor mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche haben demgegenüber den Vorteil, dass das Stellelement zur Einstellung einer abhängig von einem eine Turbine des Sekundärluftladers antreibenden Luftmassenstrom korrigierten Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor angesteuert wird. Auf diese Wei-

se lässt sich der Betrieb des Sekundärluftladers neben den bekannten abgasseitigen Einflüssen der Sekundärlufteinblasung auf die Motorsteuerung auch auf Seiten der Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor bei der Füllungsteuerung berücksichtigen. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass auch bei Verwendung eines Sekundärluftladers die dem Verbrennungsmotor zugeführte Luftmasse korrekt eingestellt ist.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch eingegebenen Verfahrens möglich.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Stellelement derart angesteuert wird, dass der über das Stellelement dem Verbrennungsmotor zuzuführende Luftmassenstrom dem gesamten dem Verbrennungsmotor zuzuführenden Luftmassenstrom abzüglich dem Luftmassenstrom über die Turbine des Sekundärluftladers entspricht. Auf diese Weise lässt sich die Position des Stellelementes für eine korrekte Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor besonders einfach ermitteln und einstellen.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn ein Wert für den Luftmassenstrom über die Turbine des Sekundärluftladers durch Vergleich einer gemessenen mit einer modellierten Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor adaptiert wird. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass der Wert für den Luftmassenstrom über die Turbine des Sekundärluftladers während der gesamten Fahrzeuglebensdauer hinweg angepasst und somit korrekt ermittelt werden kann.

Vorteilhaft ist weiterhin, wenn die Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor in Abhängigkeit der Motordrehzahl und der Stellung des Stellelementes unter Berücksichtigung des Luftmassenstroms durch die Turbine des Sekundärluftladers modelliert wird. Auf diese Weise lässt sich die Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor möglichst genau modellieren. Die so modellierte Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor kann durch Vergleich mit der gemessenen Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor für eine besonders genaue Adaption des Wertes für den Luftmassenstrom über die Turbine des Sekundärluftladers verwendet werden. Dies besonders dann, wenn die modellierte Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor in Abhängigkeit der Motordrehzahl und der Stellung des Stellelementes ohne Betrieb des Sekundärluftladers auf die gemessene Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor abgeglichen wurde.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn eine fehlerhafte Funktion des Sekundärluftladers detektiert wird, wenn der adaptierte Luftmassenstrom durch die Turbine des Sekundärluftladers außerhalb eines vorgegebenen Toleranzbandes liegt. Auf diese Weise lässt sich ein Fehler auf der Turbinenseite des Sekundärluftladers besonders einfach detektieren, ohne
5 das eine zusätzlich Sensorik oder zusätzliche Messvorgänge erforderlich sind.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn das vorgegebene Toleranzband derart gewählt ist, das es einen modellierten Wert für den Luftmassenstrom durch die Turbine des Sekundärluftladers umfasst. Auf diese Weise kann das vorgegebene Toleranzband einen einwandfreien Betrieb des Sekundärluftladers auf der Turbinenseite repräsentieren.
10

Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn eine fehlerhafte Funktion des Sekundärluftladers detektiert wird, wenn eine gemessene Sauerstoffkonzentration im Abgasstrang betragsmäßig um mehr als eine vorgegebene Schwelle von einer vorgegebenen Sauerstoffkonzentration abweicht. Auf diese Weise ist auch eine Diagnose des Sekundärluftladers auf der Verdichter - und damit auf der Abgasseite auf besonders einfache Weise möglich.
15

Entsprechendes gilt, wenn eine fehlerhafte Funktion des Sekundärluftladers detektiert wird, wenn ein gemessenes Luft-/Kraftstoff-Gemischverhältnis im Abgasstrang betragsmäßig um mehr als eine vorgegebene Schwelle von einem vorgegebenen Wert abweicht.
20

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 ein Blockschaltbild eine Antriebseinheit mit Verbrennungsmotor und einer erfindungsgemäßen Vorrichtung und Figur 2 einen Ablaufplan für eine Erläuterung eines beispielhaften Ablaufs des erfindungsgemäß Verfahren.
25

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

30

In Figur 1 kennzeichnet 1 eine Antriebseinheit. Dabei kann es sich beispielsweise um die Antriebseinheit eines Kraftfahrzeugs handeln. Die Antriebseinheit umfasst dabei einen Verbrennungsmotor 5, der beispielsweise als Ottomotor ausgebildet sein kann. Der Verbrennungsmotor 5 gemäß Figur 1 umfasst mindestens einen Zylinder 125 mit einem Kolben 110, der durch Auf- und Abbewegung im Zylinder 125 eine Kurbelwelle 115 an-
35

treibt. Der in Figur 1 beispielhaft dargestellte Zylinder 125 umfasst weiterhin einen Brennraum 105 zur Verbrennung eines Luft-/Kraftstoff-Gemisches, wodurch der Kolben 110 in dem Fachmann bekannter Weise angetrieben wird. Dem Brennraum 105 wird über ein Einlassventil 85 Luft von einem Saugrohr 55 zugeführt. Der dem Brennraum 105 über das Saugrohr 55 und das Einlassventil 85 zugeführte Luftmassenstrom ist in Figur 1 mit ms_{ges} gekennzeichnet. Das durch die Verbrennung im Brennraum 105 gebildete Abgas wird über ein Auslassventil 90 einem Abgasstrang 15 zugeführt, in dem eine Lambdasonde 95 angeordnet ist, die das Luft-/Kraftstoff-Gemischverhältnis im Abgasstrang 15 beispielsweise durch Messung der Sauerstoffkonzentration im Abgasstrang 15 misst. Der Lambdasonde 95 im Abgasstrang 15 in Strömungsrichtung nachfolgend ist ein Katalysator 80 angeordnet, der in dem Fachmann bekannter Weise den Schadstoffausstoß reduziert. Der dem Brennraum 105 zugeführte Luftmassenstrom ms_{ges} , der im folgenden auch als Gesamtluftmassenstrom bezeichnet wird, wird dem Verbrennungsmotor 5 zunächst über eine Luftzuleitung 120 zugeführt, in der ein Luftmassenmesser 30, beispielsweise ein Heißfilmluftmassenmesser zur Messung des Gesamtluftmassenstroms ms_{ges} angeordnet ist. Der Messwert für den Gesamtluftmassenstrom ms_{ges} wird vom Luftmassenmesser 30 an eine Vorrichtung 40 weitergeleitet, die beispielsweise in eine Motorsteuerung integriert sein oder selbst eine Motorsteuerung bilden kann. Dem Luftmassenmesser 30 in Strömungsrichtung nachfolgend teilt sich die Luftzuleitung 120 einerseits in einen ersten Luftzweig 135 und andererseits in einen zweiten Luftzweig 60 auf. Im ersten Luftzweig 135 ist eine in diesem Beispiel als Drosselklappe ausgebildetes Stellelement 20 angeordnet, dessen Position bzw. dessen Öffnungswinkel von Steuermitteln 35 der Vorrichtung 40 angesteuert wird. Der Druck im ersten Luftzweig 135 in Strömungsrichtung vor der Drosselklappe 20 wird durch einen Ladedrucksensor 100 gemessen und an die Steuermittel 35 weitergeleitet. Der Ladedrucksensor 100 ist nur für Turbo-Systeme notwendig, bei Saugmotoren herrscht vor der Drosselklappe 20 Umgebungsdruck. Der Luftmassenstrom durch die Drosselklappe 20 im ersten Luftzweig 135 ist in Figur 1 mit ms_{dk} bezeichnet. Der zweite Luftzweig 60 umfasst zunächst ein Sekundärluftladerventil 45, dessen Öffnungsgrad ebenfalls von den Steuermitteln 35 angesteuert wird. Auf diese Weise lässt sich auch der Luftmassenstrom durch den zweiten Luftzweig 60 steuern. Dieser ist in Figur 1 mit ms_{sll} gekennzeichnet. Dem Sekundärluftladerventil 45 in Strömungsrichtung nachfolgend im zweiten Luftzweig 60 angeordnet ist eine Turbine 25, die vom Luftmassenstrom ms_{sll} angetrieben wird. Das Saugrohr 55 vereinigt schließlich wieder den ersten Luftzweig 135 in Strömungsrichtung nach der Drosselklappe 20 mit dem zweiten Luftzweig 60 in Strömungsrichtung nach der Turbine 25. Somit entspricht der Luftmassenstrom im Saugrohr 55 dem Luftmassenstrom in der Luftzuleitung 120 und

damit dem Gesamtluftmassenstrom ms_{ges} . Die Turbine 25 treibt über eine Welle 75 einen Verdichter 70 in einer Sekundärluftleitung 65 an, in der dem Verdichter 70 in Strömungsrichtung nachfolgend ein Sekundärluftpumpenventil 50 angeordnet ist, dessen Öffnungsgrad ebenfalls durch die Steuermittel 35 angesteuert wird. Über die Sekundärluftleitung 65 wird ein Sekundärluftmassenstrom ms_{sl} dem Abgasstrang 15 zugeführt.

Ferner ist ein Drehzahlsensor 130 am Verbrennungsmotor 5 angeordnet, der die Motordrehzahl des Verbrennungsmotors 5 misst und an die Steuermittel 35 weiterleitet.

Bei geöffnetem Sekundärluftladerventil 45 strömt ein Teil des Gesamtluftmassenstroms ms_{ges} in den zweiten Luftzweig 60 und ergibt dort den Luftmassenstrom ms_{sll} , der die Turbine 25 antreibt. Über die Welle 75 wird dabei der Verdichter 70 angetrieben, der den Sekundärluftmassenstrom ms_{sl} in der Sekundärluftleitung 65 verdichtet. Der Sekundärluftmassenstrom ms_{sl} wird bei geöffnetem Sekundärluftpumpenventil 50 dem Abgasstrang 15 zugeführt und ermöglicht eine Nachverbrennung im Abgasstrang 15 von unverbrannten Kraftstoffresten zur Aufheizung des Katalysators 80. Die Zuführung des Sekundärluftmassenstroms ms_{sl} in den Abgasstrang 15 ist deshalb vor allem nach dem Motorstart ein Vorteil, so lange der Katalysator 80 noch nicht seine Betriebstemperatur erreicht hat. Auf diese Weise lässt sich die Betriebstemperatur des Katalysators 80 schneller erreichen. Sobald der Katalysator 80 seine Betriebstemperatur erreicht hat, kann die Zuführung der Sekundärluft über die Sekundärluftleitung 65 beendet werden. Dabei kann zur Detektion der Katalysatortemperatur ein Temperatursensor im Bereich des Katalysators 80 vorgesehen und mit den Steuermitteln 35 verbunden sein, was in Figur 1 der Übersichtlichkeit halber jedoch nicht dargestellt ist. Die Beendigung der Sekundärluftzufuhr kann durch Schließen des Sekundärluftladeventils 45 und/oder des Sekundärluftpumpenventils 50 erreicht werden.

Die Turbine 25, die Welle 75 und der Verdichter 70 bilden einen Sekundärluftlader 10.

Mit dem Begriff Füllung soll im folgenden die Frischluftfüllung des mindestens einen Zylinders 125 des Verbrennungsmotors 5 bezeichnet werden. Die Füllung beschreibt dabei die Luftmasse, die sich nach dem Schließen des Einlassventils 85 im Brennraum 105 des Zylinders 125 befindet. Ziel der sogenannten Füllungserfassung ist es nun, den Istwert dieser Luftmasse möglichst genau zu bestimmen. Erst dadurch kann beispielsweise in allen Betriebspunkten des Verbrennungsmotors 5 ein vorgegebenes stöchiometrisches Luft-/Kraftstoff-Gemischverhältnis λ , beispielsweise $\lambda = 1$, eingestellt werden, das für

die Abgasnachbehandlung mittels dem Katalysator 80, der beispielsweise als Dreiwege-Katalysator ausgebildet sein kann, zwingend erforderlich ist.

Zur Füllungserfassung stehen der Motorsteuerung 40 beispielsweise 2 Wege zur Verfügung:

Als Hauptsignal steht der mittels des Luftmassenmessers 30 gewonnene Gesamtluftmassenstrom ms_{ges} zur Verfügung. Alternativ kann der Gesamtluftmassenstrom ms_{ges} auch mittels eines in Figur 1 nicht dargestellten Drucksensors im Saugrohr 55 unter Verwendung eines Brennraumtemperaturmodells in dem Fachmann bekannter Weise zur Bildung dieses Hauptsignals ermittelt werden. Für stationäre Betriebspunkte ist der so gemessene Gesamtluftmassenstrom ms_{ges} direkt proportional zur Füllung. Instationäre Zustände erfordern zur Erfassung des Gesamtluftmassenstroms ms_{ges} eine Berücksichtigung der Saugrohrdynamik und werden mit Hilfe eines Saugrohrmodells ebenfalls in einer dem Fachmann bekannten Weise beschrieben.

Als Nebensignal kann aus der mittels des Drehzahlsensors 130 gemessenen Motordrehzahl n und dem Öffnungswinkel α der Drosselklappe 20 gemäß dem sogenannten α - n Modell ebenfalls in einer dem Fachmann bekannten Weise der Gesamtluftmassenstrom ms_{ges} berechnet werden. Diese Methode ist aufgrund von Bauteiltoleranzen jedoch wesentlich ungenauer als die direkte Messung des Gesamtluftmassenstroms ms_{ges} durch den Luftmassenmesser 30. Daher erfolgt in konventionellen Motorsteuerprogrammen ein Abgleich des α - n -Modells mit dem über den Luftmassenmesser 30 gemessenen Hauptsignal.

Solange der Luftmassenmesser 30 betriebsbereit ist, verwendet die Füllungserfassung der Motorsteuerung 40 das Hauptsignal. Bei Ausfall des Luftmassenmessers 30 oder sonstigen störenden Betriebsbedingungen, z. B. negativen Lastgradienten im Falle von Turbomotoren, bei denen der Druckabbau im Saugrohr 55 über Schubumluftventile den Luftmassenmesser 30 beeinflusst, wird das Nebensignal zur Berechnung der Füllung herangezogen.

Ziel in der Füllungssteuerung ist es, zu einem beispielsweise über einen Fahrpedalwinkel aus einem Momentenmodell in einer dem Fachmann bekannten Weise über den vorgegebenen Sollwert der Füllung den entsprechenden Öffnungswinkel der Drosselklappe 20 zu berechnen. Dabei handelt es sich quasi um eine Invertierung des α - n -Modells zur Füllungserfassung. Zusammen mit einer Rückkopplung zur Füllungserfassung ist so in kon-

ventionellen Motorsteuerprogrammen ein Regelkreis aufgebaut, der die Luftmenge im Brennraum 105 des Zylinders 125 an den jeweils gewünschten Betriebspunkt anpasst.

Bei Betrieb des Sekundärluftladers 10 ist zunächst die Füllungssteuerung zu korrigieren. Dabei ist ein Sollwert $ms_{ges, soll}$ für den Gesamtluftmassenstrom bei geschlossenem Sekundärluftladeventil 45 durch einen Sollwert $ms_{DK, soll}$ für den Massenstrom über die Drosselklappe 20 gemäß folgender Gleichung gegeben:

$$ms_{ges, soll} = ms_{DK, soll} \quad (1).$$

Bei zugeschaltetem Sekundärluftlader 10 und damit geöffnetem Sekundärluftladeventil 45 muss der Gesamtluftmassenstrom ms_{ges} neben dem einstellbaren Luftmassenstrom ms_{DK} über die Drosselklappe 20 zusätzlich noch um den Luftmassenstrom ms_{SLL} im zweiten Luftzweig 60 korrigiert werden, so dass in diesem Fall gilt:

$$ms_{ges} = ms_{DK} + ms_{SLL} \quad (2).$$

Entsprechend ist bei der Berechnung des Öffnungswinkels der Drosselklappe 20 zur Umsetzung des Sollwertes $ms_{ges, soll}$ für den Gesamtluftmassenstrom bei geöffnetem Sekundärluftladeventil 45 und somit bei Betrieb des Sekundärluftladers 10 der Sollwert $ms_{DK, soll}$ für den Luftmassenstrom über die Drosselklappe 20 wie folgt zu berechnen:

$$ms_{DK, soll} = ms_{ges, soll} - ms_{SLL} \quad (3)$$

Im Extremfall hat dies zur Folge, dass die Drosselklappe 20 geschlossen bleibt, wenn der Sollwert $ms_{ges, soll}$ für den Gesamtluftmassenstrom dem Luftmassenstrom ms_{SLL} durch den zweiten Luftzweig 60 entspricht und der Gesamtluftmassenstrom nur über den zweiten Luftzweig 60 und nicht über den ersten Luftzweig 135 fließt. Für den Fall, dass der Öffnungsgrad des Sekundärluftladeventils 45 nicht variierbar ist und das Sekundärluftladeventil 45 daher nur vollständig geschlossen oder vollständig geöffnet sein kann, müsste ggf. die Leerlaufdrehzahl verändert werden, um wenigstens die untere Grenze des Sollwerts $ms_{ges, soll} = ms_{SLL}$ zu erreichen.

Der Luftmassenstrom ms_{SLL} im zweiten Luftzweig 60 kann durch ein Modell im Motorsteuerprogramm berechnet oder mittels eines weiteren, in Figur 1 nicht dargestellten Luftmassenmessers, beispielsweise eines Heißfilm-Luftmassenmessers im zweiten Luft-

zweig 60 direkt gemessen werden. Im Falle der Modellierung des Luftmassenstroms ms_{sLL} im zweiten Luftzweig 60 werden im einfachsten Fall die Drücke vor und nach der Drosselklappe 20 herangezogen, denn das Druckgefälle über der Drosselklappe 20 dient als Antriebsquelle der Turbine 25 des Sekundärluftladers 10. Der Druck in Strömungsrichtung vor der Drosselklappe kann dabei mit Hilfe des Ladedrucksensors 100 oder für Sauger-Systeme mit einem Umgebungsdrucksensor (nicht dargestellt) gemessen werden. Der Druck in Strömungsrichtung nach der Drosselklappe 20 kann durch den in Figur 1 nicht dargestellten Drucksensor im Saugrohr 55 gemessen werden. Weiterhin muss bei der Modellierung des Luftmassenstroms ms_{sLL} im zweiten Luftzweig 60 auch der Abgasgegendruck berücksichtigt werden, gegen den der Verdichter 70 des Sekundärluftladers 10 arbeitet. Dieser kann durch einen in Figur 1 nicht dargestellten Drucksensor im Abgasstrang 15 ermittelt werden oder durch ein Modell beschrieben werden als Funktion des Abgasmassenstroms. Das Modell zur Ermittlung des Luftmassenstroms ms_{sLL} im zweiten Luftzweig 60 kann dabei empirisch beispielsweise auf einem Prüfstand mit Hilfe von Kennlinien oder Kennfeldern in Abhängigkeit der genannten Drücke vor und nach der Drosselklappe 20 sowie des Abgasgegendrucks gebildet werden. Es sind aber auch Modelle verwendbar, die die Drehzahl der Turbine 25 bzw. des Verdichters 70 des Sekundärluftladers 10 in Abhängigkeit vom Antriebsmoment der Turbine 25, in erster Näherung über das Druckverhältnis über die Drosselklappe beschrieben, und des Verlustmoments, in erster Näherung bestimmt über den Abgasgegendruck und die Turbinenreibung, und des vorgegebenen oder gemessenen Massen-Trägheitsmomentes der Turbine 25, durch zeitliche Integration berechnen, oder aber die Werte aus einer beispielsweise optischen Drehzahlerfassung verwenden. Mittels eines beispielsweise auf einem Prüfstand empirisch adaptierten Turbinenkennfeldes des Sekundärluftladers 10 kann dann in Abhängigkeit der Turbinendrehzahl der Massenstrom ms_{sLL} im zweiten Luftzweig 60 bestimmt werden. Mittels eines ebenfalls beispielsweise auf einem Prüfstand empirisch adaptierten Verdichterkennfeldes des Sekundärluftladers 10 kann aus der Drehzahl des Verdichters 70 der Sekundärluftmassenstrom ms_{sL} bestimmt werden.

Die Drehzahl der Turbine 25 und des Verdichters 70 sind dabei im Beispiel nach Figur 1 aufgrund der Verbindung über die Welle 75 gleich.

Eine fehlerhafte Modellierung des Massenstroms ms_{sLL} im zweiten Luftzweig 60 und damit über die Turbine 25 kann in der Füllungserfassung aus dem Vergleich von Haupt- und Nebensignal erkannt und korrigiert werden. Diese Korrektur setzt voraus, dass bereits beim Betrieb des Verbrennungsmotors 5 bei geschlossenem Sekundärluftladeventil

45 ein Abgleich zwischen dem Haupt- und dem Nebensignal stattgefunden hat, d.h. beide Signale für die Dauer des Betrieb des Sekundärluftladers 10 als korrekt angenommen werden können. In der Füllungserfassung gilt dann beim Betrieb des Sekundärluftladers 10 im Fall des Hauptsignals:

$$ms_{ges. ist} = ms_{LMM} \quad (4)$$

und im Falle des Nebensignals:

$$ms_{ges. ist} = ms_{\alpha-n} + ms_{SLL} \quad (5).$$

Dabei ist ms_{LMM} der vom Luftmassenmesser 30 ermittelte Luftmassenstrom, der gemäß Gleichung (4) dem Istwert $ms_{ges. ist}$ für den Gesamtluftmassenstrom entspricht und bei Verwendung eines Heißfilm-Luftmassenmessers wie im folgenden beispielhaft angenommen auch als ms_{HFM} bezeichnet wird. Der Luftmassenstrom $ms_{\alpha-n}$ ist der aufgrund des α -n-Modells berechnete Istwert für den Luftmassenstrom ms_{DK} durch die Drosselklappe 20. Dabei ist der Betrieb des Sekundärluftladers 10 bereits in der Füllungssteuerung berücksichtigt, so dass dem Luftmassenstrom $ms_{\alpha-n}$ für die Erfassung des Istwertes für den Luftmassenstrom ms_{DK} durch die Drosselklappe 20 ein entsprechend kleinerer Öffnungswinkel α der Drosselklappe 20 zugrunde liegt, als bei einem Betrieb des Verbrennungsmotors 5 ohne Sekundärluftlader 10 bzw. bei geschlossenem Sekundärluftladeventil 45. Eine relative Abweichung Δ des modellierten Nebensignals vom gemessenen Hauptsignal beschreibt dabei der folgende Ausdruck:

$$\Delta = 1 - \frac{ms_{\alpha-n} + ms_{SLL}}{ms_{HFM}} \quad (6)$$

wobei ein positiver Wert für die relative Abweichung Δ auf einen zu kleinen Massenstrom ms_{SLL} im zweiten Luftzweig 60 hinweist, während ein negativer Wert für die relative Abweichung Δ bei zu großem Luftmassenstrom ms_{SLL} im zweiten Luftzweig 60 eintritt.

Für eine asymptotische Korrektur eines fehlerhaften Luftmassenstroms ms_{SLL} durch den zweiten Luftzweig 60 an einem stationären Betriebspunkt des Verbrennungsmotors 5 wird hier die folgende Dynamik vorgeschlagen:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{ms_{SLL, adap}}{ms_{SLL, 0}} \right) = \frac{\Delta}{T_0} \cdot \frac{ms_{SLL, adap}}{ms_{SLL, 0}} = \frac{ms_{SLL, adap}}{T_0 \cdot ms_{SLL, 0}} \cdot \left(1 - \frac{ms_{\alpha-n} + ms_{SLL, adap}}{ms_{HFM}} \right) \quad (7).$$

Dabei ist die Zeitkonstante T_0 ein Maß für die Adaptionsgeschwindigkeit und kann geeignet vorgegeben werden. Die Zeitkonstante T_0 sollte dabei Werte annehmen, die größer sind als die Dauer typischer Betriebszustandsänderungen, also z.B. $T_0 \sim 5$ bis 10 s. Dadurch kann die Adaption auch bei instationärem Betrieb des Verbrennungsmotors 5 durchgeführt werden. Ferner ist darauf hinzuweisen, das die Differenzialgleichung (7) vom Typ der sogenannten „logistischen Gleichung“ ist, die bei zeitdiskreter Auswertung, wie es beispielsweise auch in der Motorsteuerung 40 der Fall ist, zu chaotischem Verhalten neigt, falls der Vorfaktor $1/T_0$ einen zu großen Wert annimmt. Die Zeitkonstante T_0 darf deshalb auch nicht zu klein gewählt werden, um ein solches chaotisches Verhalten zu vermeiden. Der Wert $ms_{SLL, 0}$ beschreibt den wie oben beschrieben modellierten Luftmassenstrom im zweiten Luftzweig 60 durch die Turbine 25 ohne Adaption und stellt gleichzeitig auch die Anfangsbedingung der Differenzialgleichung dar. Der Wert $ms_{SLL, adap}$ hingegen beschreibt den adaptierten Luftmassenstrom im zweiten Luftzweig 60 durch die Turbine 25.

Für den adaptierten Luftmassenstrom $ms_{SLL, adap}$ im zweiten Luftzweig 60 ergibt sich aus Gleichung (7) mit der Anfangsbedingung $ms_{SLL, adap}(0) = ms_{SLL, 0}$ der folgende zeitliche Verlauf:

$$ms_{SLL, adap}(t) = \frac{ms_{HFM} - ms_{\alpha-n}}{1 + \frac{ms_{HFM} - ms_{\alpha-n} - ms_{SLL, 0}}{ms_{SLL, 0}} \cdot e^{-\frac{ms_{HFM} - ms_{\alpha-n}}{ms_{HFM}} \cdot \frac{1}{T_0}}} \quad (8).$$

Der adaptierte Massenstrom $ms_{SLL, adap}$ im zweiten Luftzweig 60 nähert sich dabei also exponentiell an die Differenz aus dem im Heißfilm-Luftmassenmesser 30 gemessenen Istwert $ms_{ges, ist}$ für den Gesamtluftmassenstrom und dem Massenstrom $ms_{\alpha-n}$ für den Istwert des Luftmassenstroms ms_{DK} durch die Drosselklappe 20 aus dem α -n-Modell an. Da das α -n-Modell bereits bei geschlossenem Sekundärluftladeventil 45 bzw. bei Betrieb ohne Sekundärluftlader 10 mit dem Hauptsignal adaptiert ist, ergibt sich aus der Lösung von Gleichung (7) der tatsächliche Massenstrom über die Turbine 25 im zweiten Luftzweig 60. Der Betrieb des Sekundärluftladers 10 erfolgt in der Regel direkt nach dem Motorstart, so dass die Adaption zwischen Haupt- und Nebensignal der Füllungserfassung aus

dem vorangegangenen Fahrzyklus stammen muss. Die Adaptionenwerte sind daher in einem dauerbestromten Speicherbereich der Motorsteuerung 40 unterzubringen.

Die Motorsteuerung 40 bzw. die Steuermittel 35 können nun eine Adaption des Massenstroms ms_{sLL} im zweiten Luftzweig 60 anhand des Haupt- und des Nebensignals der Füllungserfassung vornehmen, in dem sie die Gleichung (7) aufintegriert. Die Ermittlung des Nebensignals gemäß Gleichung (5) und der relativen Abweichung Δ gemäß Gleichung (6) erfolgt dabei im Falle des adaptierten Luftmassenstroms $ms_{sLL,adap}$ durch entsprechendes Einsetzen dieses Wertes für den Wert ms_{sLL} in den genannten Gleichungen. Im Falle des modellierten, nicht adaptierten Luftmassenstrom $ms_{sLL,0}$ erfolgt die Ermittlung des Nebensignals und der relativen Abweichung Δ gemäß den Gleichungen (5) und (6) durch entsprechende Einsetzung dieses Wertes für den Wert ms_{sLL} .

Für die Diagnose des Betriebes mit dem Sekundärluftlader 10 steht neben dem adaptierten Luftmassenstrom $ms_{sLL,adap}$ auch noch die gemessene Sauerstoff-Konzentration im Abgasstrang 15 aus der Lambdasonde 95 zur Verfügung. Letztere kann jedoch erst dann ausgewertet werden, wenn die Lambdasonde 95 ihre Betriebsbereitschaft erreicht hat. Je nach Erreichen der Betriebsbereitschaft der Lambdasonde 95 kann eine Diagnose des Sekundärluftladers 10 daher entweder noch im startnahen Betrieb erfolgen oder muss ggf. durch ein zweites Zuschalten des Sekundärluftladers 10 und entsprechendes Öffnen des Sekundärluftladeventils 45 zu einem späteren, geeigneten Zeitpunkt im Fahrzyklus erfolgen. Die Betriebsbereitschaft der Lambdasonde 95 hängt dabei von der erreichten Temperatur im Abgasstrang 15 ab. Wird die erforderliche Betriebstemperatur für die Betriebsbereitschaft der Lambdasonde 95 noch im startnahen Betrieb des Sekundärluftladers 10 erreicht, so kann die Diagnose des Sekundärluftladers 10 im startnahen Betrieb mit Hilfe der Lambdasonde 95 erfolgen. Andernfalls muss die Diagnose des Sekundärluftladers 10 durch die Lambdasonde 95 zu einem späteren, geeigneten Zeitpunkt im Fahrzyklus erfolgen, wenn im Abgasstrang 15 die für die Betriebsbereitschaft der Lambdasonde 95 erforderliche Betriebstemperatur erreicht wurde.

Der Adaptionenwert des Massenstroms $ms_{sLL,adap}$ über die Turbine 25 des Sekundärluftladers 10 wird aus der Integration der Gleichung (7) initial ausgehend von dem modellierten, nicht adaptierten Massenstrom $ms_{sLL,0}$ gewonnen. Für einen ordnungsgemäß arbeitenden Sekundärluftlader 10 liegt der Adaptionenwert des Luftmassenstroms $ms_{sLL,adap}$ dann innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbandes um den modellierten, nicht adaptierten Luftmassenstrom $ms_{sLL,0}$.

Liegt der Adaptionwert $ms_{SL,adap}$ des Luftmassenstroms durch die Turbine 25 außerhalb dieses Toleranzbandes, so wird eine fehlerhafte Funktion des Sekundärluftladers 10 detektiert und eine geeignete Fehlermaßnahme eingeleitet, die in letzter Konsequenz zum Abschalten des Sekundärluftladers 10 bzw. zum Schließen des Sekundärluftladeventils 45 führen kann.

Weiterhin ist durch die Lambdasonde 95 eine Abmagerung des Luft-/Kraftstoff-Verhältnisses λ im Abgasstrang 15 aufgrund der Sekundärlufteinblasung festzustellen.

Die Lambdasonde 95 misst die Sauerstoffkonzentration ϕ_{mess} im Abgasstrang 15. Die Motorsteuerung 40 bzw. die Steuermittel 35 können aus der gemessenen Sauerstoffkonzentration ϕ_{mess} im Abgasstrang 15 und einem Abgasmassenstrom den Sekundärluftmassenstrom ms_{SL} berechnen, wenn bekannt ist, welcher Sollwert λ_{soll} für das Luft-/Kraftstoff-Gemischverhältnis im Brennraum 105 des Zylinders 125 vor der Verbrennung einzustellen war. Zur Messung des Abgasmassenstroms kann im Abgasstrang 15 ein in Figur 1 nicht dargestellter geeigneter Massenstrommesser vorgesehen sein.

Der Abgasstrang 15 vereinigt dabei einerseits die Sekundärluftleitung 65 und andererseits das aus dem Brennraum 105 des Zylinders 125 über ein Auslassventil 90 und eine Abgasleitung 140 ausgestoßene Abgas.

Die gemessene Sauerstoffkonzentration ϕ_{mess} im Abgasstrang 15 ergibt sich wie folgt:

$$\phi_{mess} = \frac{ms_{SL} \cdot \phi_{Luft} + ms_{Abgas} \cdot \phi_{Abgas}}{ms_{SL} + ms_{Abgas}} \quad (9)$$

mit $\phi_{Luft} = 21\%$ und $\phi_{Abgas} \sim 0\%$

Dabei ist ϕ_{Luft} die Sauerstoffkonzentration in der über die Sekundärluftleitung 65 zugeführten Sekundärluft. ϕ_{Abgas} ist die Sauerstoffkonzentration im Abgas, die sich lediglich auf der Grundlage des im Brennraum 105 des Zylinders 125 umzusetzenden Sollwertes λ_{soll} für das Luft-/Kraftstoff-Gemischverhältnis ergibt. ms_{Abgas} ist der Abgasmassenstrom.

Der Zusammenhang zwischen der Sauerstoffkonzentration ϕ und dem zugehörigen Luft-/Kraftstoff-Gemischverhältnis kann aus der Literatur entnommen werden. Die gemessene

Sauerstoffkonzentration ϕ_{mess} wird dabei wie beschrieben von der Lambdasonde 95 in Strömungsrichtung vor dem Katalysator 80 bestimmt. Die Sauerstoffkonzentration im Abgas ϕ_{Abgas} kann ebenfalls aus dem aus der Literatur bekannten Zuordnungsverhältnis aus dem Sollwert λ_{Soll} für das Luft-/Kraftstoff-Gemischverhältnis im Brennraum 105 des Zylinders 125 vor der Verbrennung ermittelt werden. Die Gleichung (9) ist dann nach dem Sekundärluftmassenstrom ms_{SL} aufgelöst in der Motorsteuerung 40 bzw. den Steuermit-

5 teln 35 abgelegt.

Hat sich der Luftdurchsatz im zweiten Luftzweig 60 oder in der Sekundärluftleitung 65 beispielsweise aufgrund von Alterungseffekten oder Fremdeinwirkungen, z.B. durch Abfall des entsprechenden Luftschlauches geändert, so ist das sowohl in einer Änderung des Adaptionwertes $ms_{\text{SLL, adap}}$ als auch in der gemessenen Sauerstoffkonzentration ϕ_{mess} im Abgasstrang 15 nachzuweisen. So kann eine fehlerhafte Funktion des Sekundärluftladers 10 auch dann detektiert werden, wenn die gemessene Sauerstoffkonzentration ϕ_{mess} im Ab-

10 gasstrang 15 betragsmäßig um mehr als eine erste vorgegebene Schwelle von einer vorgegebenen Sauerstoffkonzentration abweicht.

Entsprechend kann eine fehlerhafte Funktion des Sekundärluftladers 10 detektiert werden, wenn ein der gemessenen Sauerstoffkonzentration ϕ_{mess} zugeordnetes und damit ebenfalls gemessenes Luft-/Kraftstoff-Gemischverhältnis im Abgasstrang 15 betragsmäßig um mehr als eine zweite vorgegebene Schwelle von einem vorgegebenen Luft-/Kraftstoff-Gemischverhältniswert abweicht, der beispielsweise dem Sollwert λ_{Soll} zuzüglich einem Offsetwert für die erwartete Abmagerung des Luft-/Kraftstoff-

15 Gemischverhältnisses durch die Sekundärlufteinblasung entsprechen kann.

Zusätzlich kann über konventionelle Endstufendiagnosen die Funktionalität des Sekundärluftladeventils 45 bzw. des Sekundärluftpumpenventils 50 abgeprüft werden.

Bei einem Fehler auf der Verdichterseite des Sekundärluftladers 10 ist in der Regel nur eine geringe bzw. keine Abweichung der gemessenen Sauerstoffkonzentration ϕ_{mess} im Abgasstrang 15 von der Sauerstoffkonzentration nachzuweisen, die sich im Abgas lediglich aufgrund der Umsetzung des Sollwertes λ_{Soll} für das Luft-/Kraftstoff-

20 Gemischverhältnis im Brennraum 105 des Zylinders 125 ergibt. Auf diese Weise weicht die gemessene Sauerstoffkonzentration ϕ_{mess} von der vorgegebenen Sauerstoffkonzentration um mehr als die erste vorgegebene Schwelle ab, sofern für die vorgegebene Sauerstoffkonzentration ein Wert gewählt wurde, der sich aus der Sauerstoffkonzentration ϕ_{Abgas}

25 30 35

zuzüglich eines genügend großen Offsetwertes für die Berücksichtigung der Sekundärlufteinblasung ergibt. In diesem Fall kann der Fehler auf der Verdichterseite des Sekundärluftladers 10 detektiert und eine geeignete Fehlermaßnahme eingeleitet werden. Dagegen wird sich der Adaptionswert $ms_{SLL, adap}$ für den Luftmassenstrom auf der Turbinenseite des Sekundärluftladers 10 im zweiten Luftzweig 60 innerhalb seines Toleranzbandes befinden, wenn der Fehler ausschließlich auf der Verdichterseite des Sekundärluftladers 10 liegt.

Bei einem Fehler auf der Turbinenseite des Sekundärluftladers 10 hingegen verlässt der Adaptionswert $ms_{SLL, adap}$ für den Luftmassenstrom im zweiten Luftzweig 60 sein Toleranzband. Auf diese Weise wird der Fehler auf der Turbinenseite des Sekundärluftladers 10 detektiert und es kann die erforderliche Fehlermaßnahme eingeleitet werden. Außerdem weicht bei einem auf der Turbinenseite des Sekundärluftladers 10 aufgetretenen Fehler die gemessene Sauerstoffkonzentration ϕ_{mess} ebenfalls nicht oder nur gering von der Sauerstoffkonzentration ϕ_{Abgas} ab, da die Antriebsenergie des Sekundärluftladers 10 fehlt und somit keine Sekundärluft in den Abgasstrang 15 eingeblasen werden kann. Somit wird im Falle eines Fehlers auf der Turbinenseite des Sekundärluftladers 10 auch durch die gemessene Sauerstoffkonzentration ϕ_{mess} ein Fehler detektiert. Entsprechend der Fehlerdetektion anhand der gemessenen Sauerstoffkonzentration kann wie beschrieben das gemessene Luft-/Kraftstoff-Gemischverhältnis im Abgasstrang 15 zur Fehlerdetektion herangezogen werden.

Dabei muss bei der Wahl der ersten vorgegebenen Schwelle darauf geachtet werden, dass im Falle einer nur geringen oder keiner Abweichung der gemessenen Sauerstoffkonzentration ϕ_{mess} von der Sauerstoffkonzentration ϕ_{Abgas} die gemessene Sauerstoffkonzentration ϕ_{mess} um mehr als die erste vorgegebene Schwelle von der vorgegebenen Sauerstoffkonzentration abweicht. Entsprechendes ist für die Wahl der zweiten vorgegebenen Schwelle zu beachten, so dass ein gemessenes Luft-/Kraftstoff-Gemischverhältnis, das nur gering oder gar nicht von dem Sollwert λ_{soll} abweicht um mehr als die zweite vorgegebene Schwelle von dem vorgegebenen Luft-/Kraftstoff-Gemischverhältnis abweicht.

Ein Fehler auf der Verdichterseite des Sekundärluftladers 10 kann darin bestehen, dass das Sekundärluftpumpenventil 50 klemmt und fehlerhaft geschlossen ist, so dass es in unerwünschter Weise nicht zu einer Sekundärlufteinblasung in den Abgasstrang 15 kommt. Ein Fehler auf der Turbinenseite des Sekundärluftladers 10 kann darin bestehen, dass das Sekundärluftladeventil 45 klemmt und in unerwünschter Weise geschlossen ist,

so dass es weder zu einem Luftmassenstrom ms_{sLL} durch den zweiten Luftzweig 60 noch zu einer Sekundärlufteinblasung in den Abgasstrang 15 kommt.

5 Weiterhin kann sich ein Fehler auf der Turbinenseite des Sekundärluftladers 10 derart er-
geben, dass sich der Luftmassenstrom ms_{sLL} im zweiten Luftzweig 60 derart ändert, dass
der Adaptionwert $ms_{sLL, adap}$ außerhalb seines Toleranzbandes liegt, die Turbine 25 des
Sekundärluftladers 10 aber dennoch angetrieben wird und es somit zu einer Sekundärluft-
einblasung in den Abgasstrang 15 kommt, so dass der Fehler lediglich anhand des Adap-
10 tionswertes $ms_{sLL, adap}$ und nicht über die gemessene Sauerstoffkonzentration ϕ_{mess} detektiert
werden kann. Liegt weder ein Fehler auf der Turbinenseite noch auf der Verdichterseite
des Sekundärluftladers 10 vor, so liegt sowohl der Adaptionwert $ms_{sLL, adap}$ innerhalb des
vorgegebenen Toleranzbandes und die Sekundärlufteinblasung in den Abgasstrang 15
führt zu einer gemessenen Sauerstoffkonzentration ϕ_{mess} im Abgasstrang 15, die etwa der
15 vorgegebenen Sauerstoffkonzentration entspricht, so dass kein Fehler erkannt wird.

Im Ablaufplan nach Figur 2 wird nun beispielhaft der Ablauf des erfindungsgemäßen
Verfahrens beschrieben. Nach dem Start des Programms, beispielsweise nach dem ersten
Start des Verbrennungsmotors 5 modellieren die Steuermittel 35 den Wert $ms_{sLL, 0}$ für den
Luftmassenstrom im zweiten Luftzweig 60 in der beschriebenen Weise. Anschließend
20 wird zu einem Programmpunkt 205 verzweigt.

Bei Programmpunkt 205 veranlassen die Steuermittel 35 eine Füllungssteuerung in der
beschriebenen Weise unter Berücksichtigung des Luftmassenstroms im zweiten Luft-
25 zweig 60 und stellen den Öffnungswinkel α der Drosselklappe 20 auf den erforderlichen
Wert ein.

Anschließend wird zu einem Programmpunkt 210 verzweigt.

Bei Programmpunkt 210 ermitteln die Steuermittel 35 das Hauptlast- und das Nebenlast-
30 signal im Rahmen der Füllungserfassung. Anschließend wird zu einem Programmpunkt
215 verzweigt.

Bei Programmpunkt 215 adaptieren die Steuermittel 35 den Wert $ms_{sLL, adap}$ gemäß Glei-
35 chung (7) in der beschriebenen Weise auf der Grundlage der Füllungserfassung und der
ermittelten relativen Abweichung Δ . Anschließend wird zu einem Programmpunkt 220
verzweigt.

Bei Programmpunkt 220 prüfen die Steuermittel 35, ob der adaptierte Wert $ms_{SLL, adap}$ außerhalb des vorgegebenen Toleranzbandes liegt. Ist dies der Fall, so wird zu einem Programmpunkt 225 verzweigt, andernfalls wird zu einem Programmpunkt 230 verzweigt.

5

Bei Programmpunkt 225 wird ein Fehler auf der Turbinenseite des Sekundärluftladers 10 detektiert und eine geeignete Fehlermaßnahme eingeleitet, die in letzter Konsequenz zum Abschalten des Sekundärluftladers 10 bzw. zum Sperren des Sekundärluftladeventils 45 führen kann. Anschließend wird das Programm verlassen.

10

Bei Programmpunkt 230 werten die Steuermittel 35 die gemessene Sauerstoffkonzentration ϕ_{mess} der Lambdasonde 95 aus. Anschließend wird zu einem Programmpunkt 235 verzweigt.

15

Bei Programmpunkt 235 prüfen die Steuermittel 35, ob die gemessene Sauerstoffkonzentration ϕ_{mess} um mehr als die erste vorgegebene Schwelle von der vorgegebenen Sauerstoffkonzentration abweicht. Ist dies der Fall, so wird zu einem Programmpunkt 240 verzweigt, andernfalls wird zu Programmpunkt 205 zurückverzweigt.

20

Bei Programmpunkt 240 detektieren die Steuermittel 35 wiederum wie auch bei Programmpunkt 225 einen Fehler, der jedoch diesmal auf der Verdichterseite des Sekundärluftladers 10 vorliegt. Die Steuermittel 35 leiten eine geeignete Fehlermaßnahme ein, die ggf. ebenfalls bis zum Abschalten des Sekundärluftladers 10 beispielsweise durch Sperren des Sekundärluftladeventils 45 und/oder des Sekundärluftpumpenventils 50 erfolgen kann. Anschließend wird das Programm verlassen.

25

Die Ermittlung des Nebenlastsignals bei Programmpunkt 210 erfolgt beim allerersten Durchlauf des Programms nach Figur 2 auf der Grundlage des modellierten nicht adaptierten Luftmassenwertes $ms_{SLL, 0}$ und bei allen weiteren Durchläufen des Programms auf den beim Programmpunkt 215 adaptierten Wert $ms_{SLL, adap}$.

30

31.10.02 St/Oy

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Ansprüche



15

20

25

30

35

1. Verfahren zur Steuerung einer Antriebseinheit (1), insbesondere eines Fahrzeugs, mit einem Verbrennungsmotor (5), wobei mittels eines Sekundärluftladers (10) Sekundärluft in einen Abgasstrang (15) des Verbrennungsmotors (5) eingeblasen wird und wobei der Sekundärluftlader (10) durch ein Druckgefälle über einem Stellelement (20) zur Einstellung einer Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor (5) angetrieben wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stellelement (20) zur Einstellung einer abhängig von einem eine Turbine (25) des Sekundärluftladers (10) antreibenden Luftmassenstrom korrigierten Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor (5) angesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Stellelement (20) derart angesteuert wird, dass der über das Stellelement (20) dem Verbrennungsmotor (5) zuzuführende Luftmassenstrom dem gesamten dem Verbrennungsmotor (5) zuzuführenden Luftmassenstrom abzüglich dem Luftmassenstrom über die Turbine (25) des Sekundärluftladers (10) entspricht.
3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wert für den Luftmassenstrom über die Turbine (25) des Sekundärluftladers (10) durch Vergleich einer gemessenen mit einer modellierten Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor (5) adaptiert wird.
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor (5) mittels eines Luftmassenmessers (30) und/oder eines Drucksensors gemessen wird.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor (5) in Abhängigkeit der Motordrehzahl und der Stellung des Stellelementes (20) unter Berücksichtigung des Luftmassenstroms durch die Turbine (25) des Sekundärluftladers (10) modelliert wird.

5

6. Verfahren nach Anspruch 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine fehlerhafte Funktion des Sekundärluftladers (10) detektiert wird, wenn der adaptierte Luftmassenstrom durch die Turbine (25) des Sekundärluftladers (10) außerhalb eines vorgegebenen Toleranzbandes liegt.

10

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das vorgegebene Toleranzband derart gewählt ist, dass es einen modellierten Wert für den Luftmassenstrom durch die Turbine (25) des Sekundärluftladers (10) umfasst.

15

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine fehlerhafte Funktion des Sekundärluftladers (10) detektiert wird, wenn eine gemessene Sauerstoffkonzentration im Abgasstrang (15) betragsmäßig um mehr als eine vorgegebene Schwelle von einer vorgegebenen Sauerstoffkonzentration abweicht.

20

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine fehlerhafte Funktion des Sekundärluftladers (10) detektiert wird, wenn ein gemessenes Luft-/Kraftstoff-Gemischverhältnis im Abgasstrang (15) betragsmäßig um mehr als eine vorgegebene Schwelle von einem vorgegebenen Wert abweicht.

25

10. Vorrichtung (40) zur Steuerung einer Antriebseinheit (1), insbesondere eines Fahrzeugs, mit einem Verbrennungsmotor (5) und einem Sekundärluftlader (10), der Sekundärluft in einen Abgasstrang (15) des Verbrennungsmotors (5) einbläst, und wobei ein Antrieb des Sekundärluftladers (10) durch ein Druckgefälle über einem Stellelement (20) zur Einstellung einer Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor (5) erfolgt, **dadurch gekennzeichnet, dass** Steuermittel (35) zur Ansteuerung des Stellelementes (20) zur Einstellung einer abhängig von einem eine Turbine (25) des Sekundärluftladers (10) antreibenden Luftmassenstrom korrigierten Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor (5) vorgesehen sind.

30

35

31.10.02 St/Oy

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung einer Antriebseinheit mit einem Verbrennungsmotor



Zusammenfassung

15

Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Antriebseinheit (1), insbesondere eines Fahrzeugs, mit einem Verbrennungsmotor (5) vorgeschlagen, die eine korrekte Füllungssteuerung bei Verwendung eines Sekundärluftladers (10) sowie eine Diagnose des Sekundärluftladers (10) ermöglichen. Dabei wird mittels des Sekundärluftladers (10) Sekundärluft in einen Abgasstrang (15) des Verbrennungsmotors (5) eingeblasen. Der Sekundärluftlader (10) wird durch ein Druckgefälle über einem Stellelement (20) zur Einstellung einer Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor (5) angetrieben. Das Stellelement (20) wird zur Einstellung einer abhängig von einem eine Turbine (25) des Sekundärluftladers (10) antreibenden Luftmassenstrom korrigierten Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor (5) angesteuert.

20

25

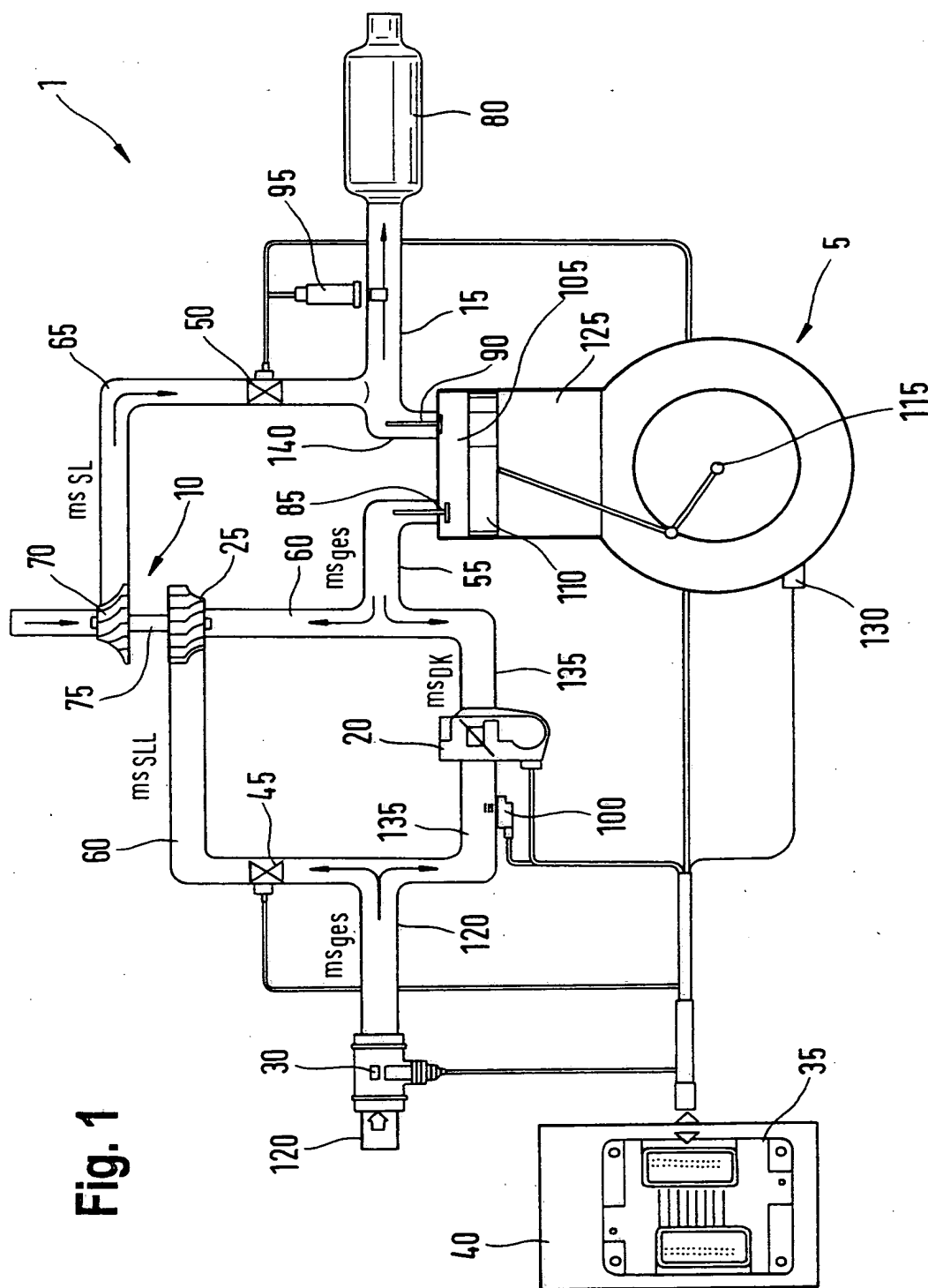


Fig. 1

2 / 2

